Лев КОНСТАНТИНОВ.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ И ТЕПЛОВЫХ ДИРИЖАБЛЕЙ.

Часть 2. Теория термодирижабля.

Основные принципы действия и устройства термодирижаблей

Под термодирижаблем понимается управляемый аэростатический летательный аппарат (АЛА), снабженный пропульсивно-двигательной установкой подъемная сила которого обеспечивается нагретым газом.

В качестве несущего газа в термодирижаблях могут рассматриваться различные газы: воздуховодяной пар, продукты сгорания топлив и даже легкие газы, такие как водород, гелий, аммиак и др.

Использование нагретого воздуха ("дыма") было предложено и реализовано братьями Этьеном и Жозефом Монгольфье в 1783 г. При этом следует отметить, что в поисках оптимального "дыма" братья Монгольфье перепробовали продукты сгорания самых различных горючих веществ: дерева, бумаги, соломы, шерсти, чем вызывали насмешки не только своих современников, но и некоторых критиков нашего времени. Выбранный ими окончательный вариант сжигания мокрой соломы не так уж бессмыслен, как может показаться с первого взгляда, поскольку смесь нагретого воздуха и водяного пара имеет большую подъемную силу, чем нагретый чистый воздух. Не имея понятия о термодинамических и теплофизических свойствах различных газов, они пришли к правильному принципиальному результату, поскольку газы с большей газовой постоянной обеспечивают большую подъемную силу (формулы I.I - I.3). В этой связи уместно отметить, что и продукты сгорания углеводородных топлив, содержащие в своем составе водяной пар, имеют большую подъемную силу, чем чистый воздух.

Особенности получения паров различных жидкостей (воды, аммиака и др.) и их поведение при различных температурах определяют возможность их применения с учетом эксплуатационных и экономических показателей. Не вдаваясь в подробности анализа возможностей применения различных нагретых газов (паров), укажем лишь, что наиболее рациональными веществами для термодирижаблей являются воздух, продукты сгорания различных топлив и легкие несущие газы (водород и гелий для специальных схем (рассматриваемых ниже).

Учитывая, что продукты сгорания, вырабатываемые авиационными двигателями, а тем более, смеси воздуха и продуктов сгорания по тепло-физическим свойствам мало отличаются от нагретого воздуха, в дальнейшем, при анализе термодирижаблей с подогревом воздуха продуктами сгорания будем рассматривать в качестве несущего газа просто подогретый воздух.

Температура нагретого воздуха существенно сказывается на удельной подъемной силе $\Delta\rho$ и максимальная допустимая величина температуры зависит от конструктивных особенностей АЛА, примененных материалов и способа подогрева воздуха. Максимальной допустимой величиной температуры нагретого воздуха применительно к конструкциям термодирижаблей в настоящее время можно считать величину 600°С.

Характеристики удельной подъемной силы нагретого воздуха при различных температурах и высотах полета приводятся в таблице 6.

Таблица 6.

Удельная подъемная сила нагретого воздуха $\Delta\rho$ кг/м³

$t_{возд}$ °C / H, м	100	200	300	400	500	600
0	0,27997	0,47937	0,60977	0,70114	0,76906	0,82129
500	0,27621	0,46488	0,58099	0,73613	0,73278	0,78681
1000	0,27281	0,45026	0,55331	0,64695	0,69786	0,75352
1500	0,26884	0,43577	0,52660	0,62082.	.0,69786	0,72108
2000	0,26454	0,42148	0,50093	0,59544	0,63180	0,68969
2500	0,25987	0,40730	0,47623	0,57072	0,60065	0,65926
3000	0,25482	0,39321	0,45245	0,54661	0,57066	0,62973
3500	0,24945	0,37926	0,42959	0,52315	0,54182	0,60111
4000	0,24386	0,36553	0,40763	0,50039	0,51413	0,57345
4500	0,23800	0,35194	0,38654	0,47823	0,48752	0,54666
5000	0,23195	0,33856	0,36629	0,45674	0,46199	0,52077

Как видно иэ табл.6 применение воздуха,нагретого до t - 600°С может создать удельную подъемную силу $\Delta\rho$ (Составляющую 0,7...0,8 от величины $\Delta\rho$ для водорода и гелия. В отличие от воздуха.легкие газы (водород,гелий) при нагреве незначительно увеличивают свою удельную подъемную силу $\Delta\rho$. Например,при нагреве водорода от 50°С до 400°С величина $\Delta\rho$ увеличивается на величину около 3% (табл.7), но зато плотность газа при этом уменьшается обратно пропорционально абсолютной температуре (формула 1.2), т.е. более чем в два раза. Эффект расширения газов при их нагреве может быть использован в термодирижаблях специальных схем.

Таблица 7.

Удельная подъемная сила и плотность водорода и гелия при различных температурах на высоте Н = 0 м при $t_{нар}$=15°С

Название газа / t,°C	50	100	200	300	400
Водород $\Delta\rho$, кг/м³	1,15022	1,16032	1,17412	I.I83II	1,18942
Водород ρ, кг/м³	0,07540	0,06530	0,05149	0,04251	0,03620
Гелий $\Delta\rho$, кг/м³	1,07482	1,09502	1,12262	1,14059	1,15323
Гелий ρ, кг/м³	0,15081	0,13060	0,10300	0,08503	0,07240

Принципиально, термодирижабли можно подразделить на следующие типы:

1) Термодирижабль без термоизоляции оболочки (частный случай - тепловой аэростат-монгольфьер); (рис. 17а);

2) Термодирижабль с термоизоляцией оболочки, (рис. 17б);

3) Комбинированная или компромиссная схема термодирижабля с подогревом легкого несущего газа (гелия, водорода). (рис. 17в).

Аналогично газонаполненным дирижаблям, термодирижабли могут выполняться в виде мягких, полужестких и жестких конструкций. В каждом из этих типов могут быть свои разновидности, обусловленные теми или иными конструктивными особенностями.

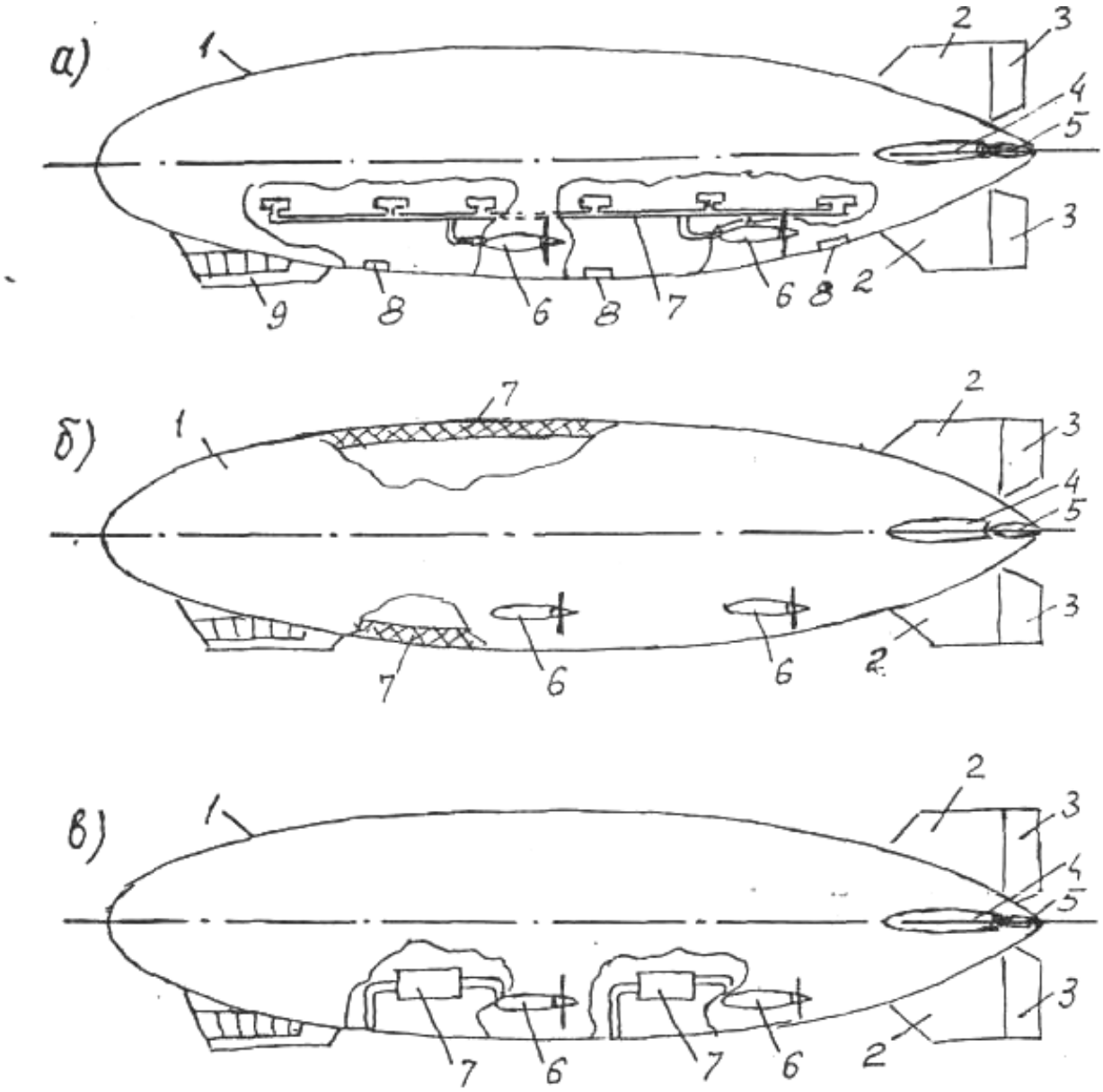

Рис.17. Принципиальные схемы термодирижаблей разных систем

а) термодирижабль без термоизоляции оболочки: 1 - оболочка, 2 - вертикальный киль, 3 - руль направления, 4 - стабилизатор, 5 - руль высоты, 6 - двигатели, 7 - система подачи и распределения выхлопных газов, 8 - клапаны для выпуска воздуха из оболочки, 9 - гондола управления;

б) термодирижабль с термоизоляцией оболочки: 7 - термоизоляция;

в) термодирижабль компромиссной схемы: 7 - теплообменник внутри газовместилища; на схемах не показаны: набор каркаса (а, б, в), система подвода и распределения выхлопных газов (б), термоизоляция (в).

Для термодирижабля без изоляции оболочки характерна повышенная теплопередача через неизолированную оболочку. Это требует большого расхода топлива для поддержания АЛА "на плаву" и потому такого рода аппараты не могут рассматриваться как эффективное транспортное средство. Применение их ограничивается узкой областью перемещений на небольшие расстояния.

Термодирижабли с термоизоляцией оболочки за счет пониженной теплопередачи в окружающую среду могут поддерживать себя в воздухе за счет утилизации тепла выхлопных газов двигателей и потому их характеристики существенно улучшаются по сравнению с термодирижаблями без изоляции оболочки.

К преимуществам термодирижаблей по сравнению с газонаполненными относятся:

- отсутствие необходимости в дорогостоящем или взрывоопасном несущем газе (гелий или водород);
- большая простота конструкции, пониженные требования к герметичности оболочки, что позволяет упростить технологию изготовления и снизить капитальные затраты на создание дирижабля;
- большая простота управления и пилотирования, в частности, в отношении обеспечения вертикального маневра, исключающего применение балласта или потери несущего газа;
- уменьшенный экипаж, на уровне самолетного;
- большая простота наземного обслуживания.

О недостатках и трудностях создания термодирижаблей будет сказано далее.

Термодирижабль компромиссной схемы (рис. 17в) представляет собой невыполненный дирижабль классической схемы, в котором предусмотрен подогрев несущего легкого газа с помощью того или иного источника тепла через теплообменник, установленный в пространстве газовместилища. Дирижабли такой схемы в ряде источников называют термопланами, что не вполне корректно, поскольку слово "план" (плоскость крыло) характеризует летательные аппараты с динамическим принципом создания подъемной силы (аэроплан, гидроплан, космоплан и т.п.).

Степень выполнения или объем несущего газа определяется условием уравновешивания веса дирижабля подъемной силой газа у земли. Дополнительная подъемная сила обеспечивается подогревом несущего газа и увеличением степени выполненности газовместилища при расширении нагретого газа. Кроме того, повышение температуры несущего газа несколько увеличивает его удельную подъемную силу, что улучшает характеристики АЛА. Дирижабли этой схемы обладают достоинствами и недостатками, присущим как газонаполненным, так и "чистым" термодирижаблям, в которых подъемная сила создается подогретым воздухом.

(Продолжение следует)